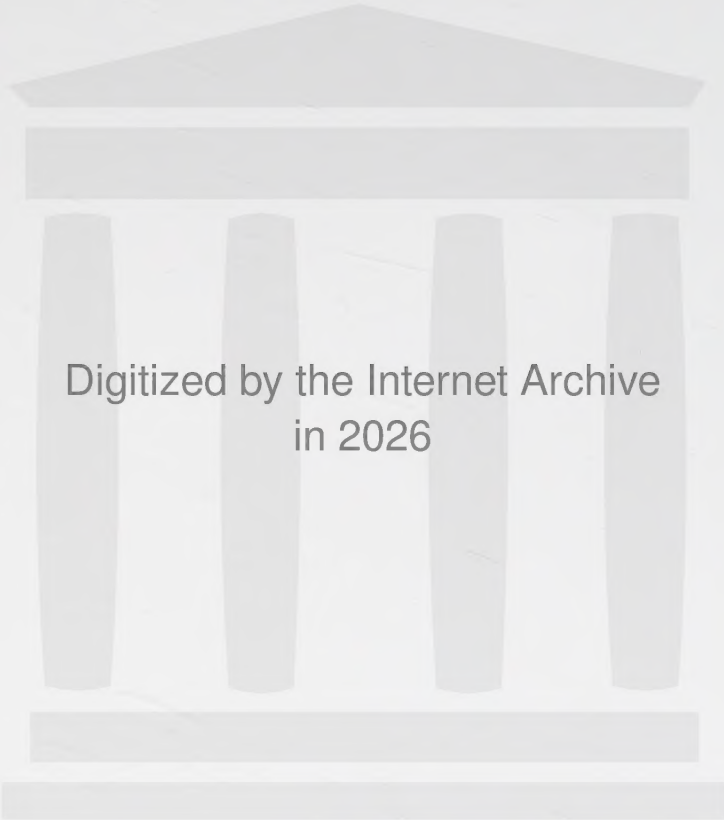


UNTERSUCHUNG DER SCHERFESTIGKEIT
DER BINDUNG ZWISCHEN
AUFGEBRANNTEN KERAMISCHEN MASEN UND
GOLD-PLATIN-AUFBRENNLEGIERUNGEN
UNTER DEM EINFLUSS
WIEDERHOLTEN EINSCHMELZENS

ADAM PETSCHNER

1974



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552610_0074

Aus der Abteilung für zahnärztliche Werkstoffkunde und Technologie
(Vorsteher: Prof. Dr. H. Marx)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

UNTERSUCHUNG DER SCHERFESTIGKEIT
DER BINDUNG ZWISCHEN
AUFGEBRANNTEN KERAMISCHEN MASSEN UND
GOLD-PLATIN-AUFBRENNLEGIERUNGEN
UNTER DEM EINFLUSS
WIEDERHOLTEN EINSCHMELZENS

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,

den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von

ADAM PETSCHNER
aus Batsch-Brestowitz

Mainz 1973

Fachbereichs-Dekan:

Professor Dr. Dr. W. Ketterl

Referent:

Professor Dr. H. Marx

Korreferent:

Professor Dr. K. Fuhr

Tag der mündlichen Prüfung:

6. Februar 1974



Gesamtherstellung:



DITTERS BÜRODIENST

6501 HEIDESHEIM/RHEIN - AM KAPELLECHEN 1

TELEFON 06132 / 5711

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. Einleitung	1
II. Die Entwicklung der deutschen Literatur	2
A. Die deutsche Literatur im Mittelalter	3
B. Die deutsche Literatur in der Renaissance	4
C. Die deutsche Literatur in der Barockzeit	5
D. Die deutsche Literatur in der Aufklärung	6
E. Die deutsche Literatur in der Romantik	7
F. Die deutsche Literatur in der Realismuszeit	8
G. Die deutsche Literatur in der Moderne	9
III. Die deutsche Literatur im Ausland	10
A. Die deutsche Literatur in Frankreich	11
B. Die deutsche Literatur in England	12
C. Die deutsche Literatur in Italien	13
D. Die deutsche Literatur in Spanien	14
E. Die deutsche Literatur in Portugal	15
F. Die deutsche Literatur in Russland	16
G. Die deutsche Literatur in Amerika	17
IV. Die deutsche Literatur in der Gegenwart	18
A. Die deutsche Literatur in der Weimarer Republik	19
B. Die deutsche Literatur in der NS-Zeit	20
C. Die deutsche Literatur in der DDR	21
D. Die deutsche Literatur in der BRD	22
E. Die deutsche Literatur in der Bundesrepublik	23
F. Die deutsche Literatur in der Gegenwart	24
G. Die deutsche Literatur in der Zukunft	25
V. Die deutsche Literatur in der Welt	26
A. Die deutsche Literatur in Europa	27
B. Die deutsche Literatur in Asien	28
C. Die deutsche Literatur in Afrika	29
D. Die deutsche Literatur in Australien	30
E. Die deutsche Literatur in Ozeanien	31
F. Die deutsche Literatur in der Welt	32
VI. Die deutsche Literatur in der Zukunft	33
A. Die deutsche Literatur in der Zukunft	34
B. Die deutsche Literatur in der Zukunft	35
C. Die deutsche Literatur in der Zukunft	36
D. Die deutsche Literatur in der Zukunft	37
E. Die deutsche Literatur in der Zukunft	38
F. Die deutsche Literatur in der Zukunft	39
G. Die deutsche Literatur in der Zukunft	40

MEINER FRAU

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. Einleitung	1
II. Material	8
A. Aufbrennlegierungen	8
B. Keramische Massen	9
III. Methode	10
A. Herstellung der Prüfkörper	10
1. Anfertigung der Metallstäbe	10
2. Herstellung der Keramikkörper	11
2.1 Vorbereitungen zum Aufbrennen	11
2.2 Aufbrennen	11
2.21 Kernbrand	11
2.22 Modellation des Mantels	12
2.23 Hauptvakuumbrand	13
2.24 Glanzbrand	13
B. Scherversuche	14
C. Zerreißversuche	15
IV. Ergebnisse	16
V. Mathematisch-statistische Auswertung	24
VI. Diskussion der Ergebnisse	35
VII. Anhang	40
A. Aufnahmen	40
VIII. Zusammenfassung	42
IX. Literaturverzeichnis	43

I. EINLEITUNG

In der prothetischen Zahnheilkunde werden derzeit an die Ästhetik sehr hohe Anforderungen gestellt. Das gilt besonders für den festsitzenden Zahnersatz, der ohne verblendete Kronen und Brücken, vor allem im Frontzahnbereich, heute undenkbar wäre. Gelingt es doch, die metallischen Stützgerüste, bestehend aus Gold-Platin-Legierungen, so haltbar mit zahnfarbenem Material zu verkleiden, daß sie den natürlichen Zähnen in Form und Farbe entsprechen.

Als Verblendmaterial werden neben Kunststoffen auch keramische Massen verwendet. Sie stammen vom Porzellan, dem schönsten und edelsten Erzeugnis der Keramik, ab. Porzellan besitzt eine Reihe hervorragender Eigenschaften, aber leider ist es auch sehr spröde und damit gegen Zug-, Scher- und Biegekräfte äußerst empfindlich. Die Anfänge der Keramik, der Kunst aus zerkleinerten, erdigen Rohstoffen Schmuck- und Gebrauchsgegenstände herzustellen, liegen im dunkeln. Als Ursprungsland des Porzellans gilt China, wo es bereits seit Beginn unserer Zeitrechnung bekannt ist. Auch die Perser, Ägypter, Phönizier, Griechen ("Keramik" stammt aus dem Griechischen), Römer u.a. wußten es hoch zu schätzen.

Im 14. Jahrhundert brachte man das Porzellan nach Europa. 1693 machte TSCHIRNHAUS (8) Versuche, auf denen aufbauend 1709 BÖTTGER (8) die Herstellung des ersten europäischen Porzellans gelang. Damit war auch ein brauchbarer Werkstoff für den Ersatz menschlicher Zähne gefunden, zumal Tierzähne, Elfenbein und Knochen sich nicht bewährten.

Bereits 1728 beschäftigte sich FAUCHARD (8) mit dem Emaillieren. Er brannte farblose, verglaste Massen, die er mit Metalloxiden färbte, auf Metallunterlagen aus Gold und Kupfer auf. Die Ergebnisse waren jedoch nicht befriedigend. 1820 berichtete DELABARRE (2) über weitere Versuche.

In den folgenden Jahren wurden mehrere Möglichkeiten, Porzellan für künstliche Zähne zu verwenden, entdeckt. Um 1880 wurden die ersten Brücken ganz in Porzellan gebrannt. Sie brachen aber wegen der geringen Biegefähigkeit des Materials auseinander.

Vier Jahre später stellte PARMELY BROWN (3) Brücken aus Platin-Iridium-Gerüsten (umbrannt mit Porzellan) her. Auch sie konnten sich nicht durchsetzen. Es folgten Versuche von ROUSSEL (14), LAND (14) - er führte die Platinfolie in die Zahntechnik ein - und LE GRO (14), die ebenfalls einen zentralen Träger aus Platin verwandten.

LAKERMANCE (23) und GONON (23) umbrannten 1934 Platindrahtnetze mit Porzellan-

masse. An den Ausdehnungskoeffizienten der beiden Materialien scheiterten die Konstrukteure. Im selben Jahr benützte auch SWANN (14) Zwischenglieder mit Sternprofil. Eine Spezialmasse (Grundmasse) verband das Metall mit dem Farbporzellan. Ästhetisch waren die Brücken von HILTEBRANDT (14) besser, der verschiedene Profile aus 20 %igem Platin-Iridium mit Dentin-, Schmelz- und Glasurmasse verblendete. Diese Verfahren bewährten sich ebenfalls nicht, da die Brücken praktisch nicht zu reparieren waren. Auch die Konstruktionen von SCHILLING (1935 (2)) konnten sich nicht durchsetzen. Die Versuche von HOVESTAD (23), der die Metallgerüste der Porzellanbrücken in Wachs modellierte und aus 20 %iger Platin-Iridium-Legierung goß, brachte die Aufbrennkeramik wieder einen Schritt weiter. Dennoch waren die Ergebnisse noch nicht zufriedenstellend, und deshalb wurde sie in den 30er Jahren zu Gunsten der Kunststofftechnik fast aufgegeben.

Als 1949 GATZKA (11) das Vakuumverfahren (1899 bereits von WIENAND (11) empfohlen) in die Zahntechnik einführte, wurde die Qualität des Porzellans wesentlich verbessert, da größere Gaseinschlüsse weitgehend vermieden werden konnten.

In den 50er Jahren begann nun endlich ein neues Zeitalter der Metallkeramik, als eine Reihe neuer Verfahren bekannt wurden. Es waren dies u.a. (12, 15, 18, 22, 33, 34):

Ceramco der Firma Jelenko, USA:

Goldlegierung: Ceramco Nr. 1 Gold, gegossen mit Sauerstoff-Azetylen-Flamme (Schmelzbereich 1176-1260°C), Porzellanmassen: Opak-, Farb- und Inzisalporzellan, Brenntemperatur 980°C.

Ney-Oro der Firma Ney, USA:

Goldlegierung: Ney-Oro-P 9 (1025-1055°C),
Porzellanmassen: Ney-Oro, Opak- und Farbporzellan, Brenntemperatur 900°C.

Micro-Bond der Firma Austenal, USA:

Palladiumlegierung: (ca. 1537°C),
Porzellanmassen: Brenntemperatur 1095°C.

Permament der Firma Permament, USA:

Goldlegierung: Permium 22 (1204-1232°C),
Platin-Palladium-Legierung: Permium 27 (ca. 1483°C),
Porzellanmassen: Permament (1150°C und 980°C).

1962 veröffentlichten die Firmen Degussa, Pforzheim, und Vita-Zahnfabrik, Säckingen, ihre Vita-VMK-Degudent-Technik (Vita-Metall-Keramik) (12):

Gold-Platin-Legierungen: Degudent (1050-1190°C),
" " : Degudent-Universal (1130-1260°C),
Keramikmassen: Vita-VMK-Massen (Brenntemperatur 950°C).

Ein Jahr später folgten die Firmen Heraeus, Hanau, und Wienand, Spremlingen, mit der Biodent-Herador-Gold-Keramik:

Gold-Platin-Legierung: Herador (1130-1200°C),
Keramikmassen: Biodent-Massen (Brenntemperatur 950°C), bestehend aus
Grund-, Dentin-, Schmelz- und einer Reihe anderer Massen.

Mit diesen aufbrennkeramischen Verfahren gelingt es heute, hochwertige prothetische Verblendarbeiten herzustellen, die in technischer, funktioneller und ästhetischer Hinsicht befriedigen - von vereinzelt auftretenden Mißerfolgen abgesehen. Dennoch wurde weiter geforscht und in den letzten Jahren gelang es auch, keramische Massen mit Erfolg auf unedle Metalle aufzubrennen. Als Beispiele seien genannt:

Wiron (Nickel-Chrom-Legierung, Schmelzpunkt ca. 1380°C) der Firma Bremer Goldschlägerei Wilh. Herbst und Ticon (Schmelzpunkt 1345°C) der Firma Ticonium Comp. Albany, N.Y. (24).

Porzellan zeigt eine Reihe hervorragender Eigenschaften: es ist farb- und formbeständig, es reizt nicht die Schleimhaut, es widersteht den Einwirkungen von Wärme, Kälte, Säuren, Medikamenten und es ist äußerst druckfest.

Im Laufe der Zeit hat man seine Zusammensetzung des öfteren geändert.

Während der Gehalt an Kaolin beim typischen Geschirrporzellan (Hartporzellan) noch 43-66 % beträgt (3), enthält der Versatz für Mineralzähne nur noch 2 % (2-3 %) und die mittelschmelzenden dentalkeramischen Massen (1000-1500°C) setzen sich etwa folgendermaßen zusammen: Feldspat 75 % (70-80 %), Quarz 12 % (0-20 %), Flußmittel 13 % (0-20 %). Unter Flußmittel versteht WEIKART (40) vorwiegend Feldspat, dagegen BREUSTEDT (3) Kaliumphosphat, Kaliumkarbonat, Borax u.a. BREUSTEDT (3) S.19, 20) meint ferner: "Diese Massen stellen nach dem Brand ein Feldspatglas dar, das mehr oder weniger reichlich Einschlüsse von Quarzkristallen aufweist. Das völlige Fehlen von Kaolin im Versatz und infolgedessen das Fehlen von Mullitkristallen in den gebrannten dental-

keramischen Massen beweisen, daß die aus diesen Massen angefertigten Produkte zu Unrecht die Bezeichnung "Porzellan" tragen ... " "Die Gegenüberstellung der Versätze zeigt, daß die dentalkeramischen Massen eine Zwischenstellung zwischen Hartporzellan und dem gewöhnlichen Glas einnehmen. In ihren physikalischen Eigenschaften stehen sie aber den Gläsern näher."

Die Zusammensetzung eines gewöhnlichen Glases wird angegeben mit Quarz 75 %, Kalziumkarbonat 12 % und Soda 13 % (3). Über die allgemeinen Eigenschaften der Gläser schreibt BREUSTEDT nach K.S. JEWSTROPJEV und N.A. TOPOROW ((3), S. 20): "Alle Eigenschaften des Glases sind unabhängig von einer bestimmten Richtung. Gläser sind deshalb isotrop ... Durch schnelles Abkühlen werden auch Gläser anisotrop, es treten Spannungen und damit die Doppelbrechung auf. Gläser ... können infolge ihrer hohen Viskosität den glasartigen isotropen Zustand ohne merkliche Anzeichen einer Kristallisation beibehalten ... unabhängig von der chemischen Zusammensetzung werden alle Gläser bei einer Viskosität von etwa 10^{13} Poise spröde ... Feste Gläser sind immer spröde."

Von den physikalischen Eigenschaften der dentalkeramischen Massen sei die hohe Druckfestigkeit (Vitamasse 930°C) etwa 4600 kp/cm^2 erwähnt, während die Biegefestigkeit z.B. bei der Vitamasse (930°C) 507 kp/cm^2 , der von 1100°C nur 314 kp/cm^2 beträgt (3).

"Unter Festigkeit versteht man allgemein physikalisch den Widerstand, den ein Stoff der Trennung oder Verschiebung seiner ihn aufbauenden kleinsten Teilchen entgegensetzt. Je nachdem, wie die Kräfte zur Einwirkung kommen, spricht man von Zug-, Druck-, Biege-, Scher- und Torsions-Festigkeit." (WEIKART (40), S. 92).

Es war auch notwendig, das Ausdehnungsverhalten, die Volumenveränderung beim Brennen, die Körnung und die Porosität den Erfordernissen unserer Zeit anzupassen.

Die Transparenz und die Farbe der aufgebrannten Massen waren lange ein Problem; gelang es doch erst in jüngster Zeit, durch entsprechende Zusätze von Metalloxiden (Eisen, Chrom, Kobalt und viele andere) sowie fluoreszierende Substanzen, ästhetisch gute Ergebnisse zu erzielen. Der braun-rötliche Farbton der Verblendungen war besonders schwer zu erreichen.

Die genaue Zusammensetzung der Legierungen für die Aufbrennkeramik (Platin-Iridium-Legierung, Gold-Platin-Legierung, Platin-Palladium-Legierung) wird von den Firmen nicht bekanntgegeben.

"Mit einiger Annäherung setzen sich moderne Aufbrenn-Legierungen etwa wie folgt zusammen:

80-90 % Au, 7-10 % Pt, 3-5 % Pd, 0-5 % Ag sowie geringe Anteile von Sn, In, Cu, Re, Zn u.ä." (STEINBERG und SCHMITZ (34), S. 132).

An die Aufbrennlegierungen werden eine Reihe von Anforderungen gestellt, so daß sie ganz bestimmte Eigenschaften aufweisen müssen, wie z. B.:

1. Das metallische Stützgerüst muß so hohe Festigkeit besitzen, daß es sich bei Belastung nicht deformiert und dadurch die spröden Massen abplatzen (3).
2. Die Sammelkristallisation, die Vergrößerung des Gefüges, die durch hohe Aufbrenntemperatur entsteht, beeinflußt die Festigkeitseigenschaften einer Legierung. Sie soll so gering wie möglich sein (38).
3. Der Elastizitätsmodul von Legierung und Masse sollte weitgehend übereinstimmen (40).
4. Die thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Legierung und aufgebrannter Masse sollen möglichst kleine Unterschiede zeigen, um nach dem Abkühlen innere Spannungen zu vermeiden (3, 38).
5. Der Soliduspunkt der Legierung muß wesentlich höher sein als die Temperatur der Keramikmassen (3).

Entscheidend für den Halt einer Verblendung am Stützgerüst ist neben dem Elastizitätsmodul, dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten von aufgebrannter Masse und Legierung vor allem die Haftung an der Verbindungszone beider Werkstoffe.

"Haftfestigkeit kann als Kraft definiert werden, die zum völligen Abreißen einer bestimmten Fläche Grundmasse senkrecht von einem planen Gußplättchen einer Aufbrennlegierung aufgewendet werden muß" (HINTENBERGER (17), S. 10).

Es ist noch nicht geklärt, um welche Art der Bindung es dabei geht. Zur Diskussion steht die mechanische Verzahnung (Molekularadhäsion), bei der die Zwischenräume des Metalls durch Erhitzen vergrößert sind, so daß die keramische Masse gut darin haften kann. NISHIYAMA, WAKAI und NOGUCHI (26) haben keine nennenswerten Unterschiede der Haftfestigkeit bei polierter und aufgerauhter Oberfläche festgestellt. Für SHELL und NIELSEN (32) spielt der mechanische Faktor keine besondere Rolle. Sie vermuten, O'BRIEN und RYGE (27, 28) ebenfalls, daß hier Assoziationskräfte oder zwischenmolekulare Kräfte (van der Waalssche Kräfte) bedeutsam seien (ca. 1/3 der Gesamtkraft). Diese Dipolkräfte, die auf der elektrostatischen Anziehung zwischen räumlich getrennten

elektrischen Aufladungen beruhen, bedingen die Assoziation vieler Substanzen im flüssigen Zustand und bilden zahlreiche Anlagerungskomplexe, indem sie gleichzeitig auch nach außen hin Kräfte ausüben (Adhäsion) (19, 38).

Stärker als diese Bindung (2/3 der Gesamtkraft) soll jedoch nach SHELL und NIELSEN (32) eine Mischung von Ionen-, Atomen- und Metallbindungen sein. Dem schließen sich auch VICKERY und BADINELLI (35) sowie EICHNER (6) an.

Den Legierungen für die Aufbrennkeramik werden geringe Mengen unedler Metalle zugesetzt. Durch Glühen vor dem Aufbrennen oxydieren sie und bilden sogenannte Haftoxide, z.B. SnO , InO , TiO_2 , ZrO_2 u.a. Dabei verbinden sich einzelne an der Oberfläche des Metallgitters sitzende Ionen mit Sauerstoff (Ionenbindung), die anderen verbleiben am Gitter. Gleichzeitig werden auch die keramischen Massen gebunden, die mit ihren Oxiden (Al_2O_3 , SiO_2 , K_2O , ZrO_2 , Na_2O , MgO , CaO , CaO_2 u.a.) Sauerstoffbrücken untereinander und zum Metall bilden können. Haftoxide mit Arsen, Antimon sowie Kupfer, Eisen, Nickel und Kobalt sind wegen ihrer Gift- oder intensiven Farbwirkung für die Metallkeramik nicht geeignet (31, 38).

Bei ungünstigen Platzverhältnissen reicht die Eigenfarbe der keramischen Masse oft nicht aus, um den Farbton der Legierung gänzlich zu verdecken. Deshalb werden Verblendgolde (Deck- oder Blendgold, bonding agent, metal conditioner) nach dem Oxydationsglühen auf das Metall aufgebrannt (ca. 1060°C).

Die Haftfestigkeit bei nichtoxydierten Legierungen ist nach ANTHONY, BURNETT, SMITH und BROOKS (1) um 30 % kleiner als bei geglühten.

Die Scher- und Haftfestigkeit bei verschiedenen Legierungen haben mehrere Autoren: HINTENBERGER (17), RITZE (29), EICHNER (6, 7), LAUTENSCHLAGER (21), VOSS (36, 37) u.a. untersucht, und sie berichten, sie seien für die Praxis ausreichend.

Über die Haftfestigkeit bei Verwendung von Deckgoldern gehen die Meinungen noch auseinander.

In der Zahnheilkunde ist es üblich, die Legierungen des öfteren zu verwenden, d.h., die nach dem Gießen übriggebliebenen Gußkegel wieder einzuschmelzen. Durch das Schmelzen der Legierungen wird das Gußgefüge verändert. Außerdem können sowohl an der Oberfläche als auch im Innern Lunker (Schwindungshohlräume) und Gasblasen auftreten (40).

Metalle nehmen beim Schmelzen Gase auf.

Um Aufbrennlegierungen zu schmelzen, werden heute 2 Verfahren angewandt:

- a) Schmelzen mit der Propan-Sauerstoff-Flamme (im keramischen Spezialtiegel), da Stadtgas und Azetylen ungeeignet sind,
- b) Schmelzen in der Hochfrequenzgießmaschine.

In dieser Arbeit wird untersucht, wie sich die Scherfestigkeit der Bindung zwischen Aufbrenn-Legierungen (Degudent und Degudent-Universal) zu den aufgebrannten keramischen Massen (Vita-VMK-Grundmasse-68) verhält, wenn die Legierungen mehrmals eingeschmolzen werden, wobei nach dem ersten Guß jeweils 1/3 neues Metall zugesetzt wird.

II. MATERIAL

A. AUFBRENNLEGIERUNGEN

Von den Gold-Platin-Legierungen wurden für die Versuche die Aufbrennlegierungen Degudent und Degudent-Universal der Firma Degussa verwendet. MARXKORS und THOMAS (23), S. 176) berichten:

"Degudent ist eine Gold-Platin-Legierung; ihr Gehalt an Gold- und Platinmetallen wird mit 96,8 % angegeben. Dieser hohe Gehalt an Edelmetallen garantiert die Mundbeständigkeit der Legierung, macht sie jedoch weicher als die herkömmlichen Gußmetalle, z.B. Degulor M. Weiterhin enthält die Legierung 1,5 % Silber und 1,7 % unedle Metalle."

Technische Daten von (37):

1. Degudent

Anteil an Gold-Platinmetallen	96,8 %
Schmelzintervall	1080-1210°C
Vickershärte (kg/mm ²)	w 170, a 205
Zerreißfestigkeit (kg/mm ²)	w 58, a 72
Fließgrenze (kg/mm ²)	w 46, a 64
Dehnung (%)	w 20, a 10
Spez. Gewicht (g/cm ³)	18,3

w = weich

a = ausgehärtet 30 Minuten bei 550°C

Nach FDI-Spezifikation Nr. 7 (9) Typ III - hart.

2. Degudent-Universal

Anteil an Gold-Platinmetallen	96,1 %
Schmelzintervall	1130-1260°C
Vickershärte (kg/mm ²)	w 205, a 245
Zerreißfestigkeit (kg/mm ²)	w 66, a 77
Fließgrenze (kg/mm ²)	w 52, a 69
Dehnung (%)	w 12, a 11
Spez. Gewicht g/cm ³)	18,0

a = ausgehärtet 15 Minuten bei 600°C

Nach FDI-Spezifikation Nr. 7 (9) Typ IV - extra hart

B. KERAMISCHE MASSEN

Für die Herstellung der keramischen Teile der Prüfkörper wurden die keramischen Massen Vita-VMK-68 benützt, und zwar die Grundmasse, die Dentinmasse und die Vita-Modellierflüssigkeit.

Das Vita-VMK-Sortiment setzt sich u.a. zusammen aus Grundmassen, Dentinmassen, Schmelzmassen, Glasklarmassen, Colormassen, Effektmassen und Zahnfleischmassen sowie der Vita-Modellierflüssigkeit.

Nach JOHNSTON, MUMFORD und DYKEMA ((20) S. 103) enthält "Porzellan" mit einer Brenntemperatur von 900°C folgende Bestandteile:

SiO_2	65,518 %	Li_2O	1,236 %
Al_2O_3	14,078 %	CaO	1,778 %
K_2O	9,552 %	MgO	1,202 %
Na_2O	6,636 %		

III. METHODE

SHELL und NIELSEN (32) entwickelten ein Verfahren zur Bestimmung der Scherfestigkeit der Bindung zwischen Porzellan und Metall, das im wesentlichen hier übernommen wurde.

Danach galt es, auf runde Metallstäbe ringförmige Keramikkörper aufzubrennen, diese anschließend mit einer Zugmaschine abzutrennen und die aufgewandten Scherkräfte zu messen.

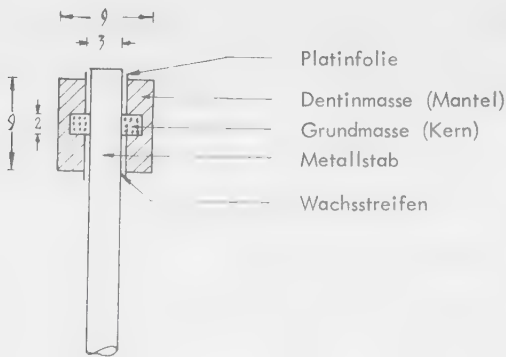


Abb. 1: Schema des Prüfkörpers

Um genügend Werte für die statistischen Berechnungen zu bekommen, mußten die Stäbe in sechs Versuchsreihen hergestellt werden.

Nach dem ersten Guß wurden in jeder Reihe die "alten Gußkegel" - vorher mit Degussa-Neacid-Lösung gesäubert - jeweils mit 1/3 Neumetallzusatz viermal wiedervergossen.

A. HERSTELLUNG DER PRÜFKÖRPER

1. Anfertigung der Metallstäbe

Als Muster dienten Stahlstäbe (Maße nach WAGNER (38): Länge 5 cm, Durchmesser 3 mm), die, mit Luftabzugskanälen versehen, in die Einbettmasse Deguvest HFG unter Vakuum (Anrührzeit 60 Sekunden) eingebettet wurden. Wegen der Überlänge der Stäbe mußten spezielle Muffelringe angefertigt werden. Nach 45 Minuten Abbindezeit wurden die Stahlstäbe entfernt, die Gußkeivetten 60 Minuten bei etwa 300°C im Trockenschrank vorgetrocknet und anschließend in Elektro-Verwärmern mit Temperaturregler bis 750°C vorgewärmt.

Gegossen wurde unter Verwendung von Degussa-Schmelzpulver Veriflux mit zwei verschiedenen Verfahren:

1. Mit der Degussa-Tiegelschleuder,
geschmolzen im Keramiktiegel mit offener Propan-Sauerstoff-Flamme.
2. Mit der SAED-Hochfrequenzschleuder,
Typ Senior B, geschmolzen elektrisch,
 - a) im Keramiktiegel,
 - b) im Kohlenstofftiegel.

Nachdem die Muffeln bei Raumtemperatur langsam abgekühlt worden waren, wurden die Stäbe ausgebettet und im Gebläse mit Kunststoffperlen gesäubert.

2. Herstellung der Keramikkörper

2.1 Vorbereitungen zum Aufbrennen

Um eine gleichmäßige Oberfläche der Stäbe zu erreichen, wurden die Flächen, an denen die keramischen Massen aufgebrannt werden sollten, mit Diamantschleifkörpern bearbeitet und anschließend die Stäbe in kochendem aqua dest noch etwa 10 Minuten gereinigt.

Vor dem Auftragen der Grundmasse wurden die Stäbe 10 Minuten lang bei 960°C im Vakuumofen atmosphärisch geglüht. Dadurch entstand die für die Haftung der keramischen Massen auf dem Metall benötigte Oxidschicht.

Die keramischen Massen wurden nach den Vorschriften der Technik Vita-VMK-68 verarbeitet. Als Brennofen diente der Vita-Vakuum-Ofen Modell 65.

Mit der Vita-Modellierflüssigkeit wurde die Grundmasse dicksahnig angerührt, mit dem Pinsel ringförmig auf den zylindrischen Stab aufgetragen, der Flüssigkeitsüberschuß mit Fließpapier abgesaugt und wie in Abb. 2 so modelliert, daß nach dem Brand eine Ringbreite von 2 mm übrig blieb.

2.2 Aufbrennen

2.21 Kernbrand

Der Vakuumofen mußte auf 960°C aufgeheizt und gut durchwärmt sein. Der Stab mit modelliertem Kern wurde ohne Vortrocknen auf den Brenntisch gestellt. Nachdem die Temperatur auf 930°C gesenkt und der Ofen geschlossen worden war, wurde das Brenngut bei einem Vakuum von 620 mm Hg in die Brennkammer eingefahren. Als der Ofen nach

etwa 1,5 Minuten die Temperatur von 960°C wieder erreicht hatte, wurde er geflutet, das Brennobjekt ohne Vakuum 5 Minuten atmosphärisch weitergebrannt und danach bei Raumtemperatur langsam abgekühlt.

Der Kernbrand zeigte keine Porosität, jedoch leichten Glanz (Abb. 2).

2.22 Modellation des Mantels

Von beiden Seiten des Ringes wurde nun der Stab mit Wachstreifen überzogen und anschließend mit einer Platinfolie (0,027 mm dick) bedeckt (Abb. 3).

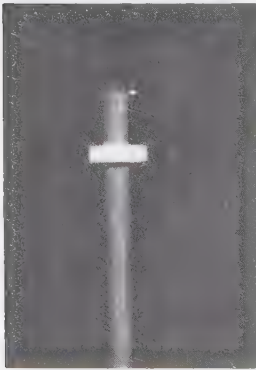


Abb. 2: Metallstab mit
aufgebranntem Kern



Abb. 3: Kern mit Wachstreifen

Die Wachstreifen sollten einen Abstand zwischen Stab und Mantelmasse schaffen. Die Platinfolie verhinderte, daß die Dentinmasse beim Brennen in diesen Zwischenraum einfloß (Abb. 4).



Abb. 4: Stab mit Kern, Wachsstreifen
und Platinfolie

Danach wurde ebenfalls die Mantelmasse dicksahnig angerührt, aufgetragen und so modelliert, daß der Mantel nach dem Brand ca. 9 x 9 mm betrug.

2.23 Hauptvakuumbrand

Wegen des großen Mantelvolumens war es notwendig, ihn zunächst bei halbusgezogener Schubstange 20 Minuten lang zu trocknen. Inzwischen wurde die Temperatur des Ofens von 960°C auf 800°C gesenkt, das Brenngut bei 120 mm Hg eingefahren und so lange unter Vakuum belassen, bis der Ofen wieder 960°C erreichte. Nun galt es, die Prüfkörper sehr langsam abzukühlen, und zwar 5 Minuten auf dem Brenntisch bei ausgezogener Schubstange und aufgelegter Verschlusskappe, dann 5 Minuten in der Öffnung bei aufgelegter Verschlusskappe und schließlich 5 Minuten am Eingang bei geöffnetem Ofen. Damit konnten Sprünge am Mantel verhindert werden.

Sodann wurde die Dentinmasse mit Busch-Rädern bearbeitet und unter fließendem Wasser gestäubert.

2.24 Glanzbrand

Nach 10 Minuten Vorwärmen bei halbusgezogener Schubstange wurde der Prüfkörper in die Brennkammer eingefahren und bei 960°C ohne Vakuum 3 Minuten lang getempert. Der Porzellankörper zeigte eine glatte Oberfläche mit hohem Glanz (Abb. 5).



Abb. 5: Der fertiggestellte Prüfkörper

B. SCHERVERSUCHE

"Als Scherfestigkeit bezeichnet man den Widerstand, den ein Körper der Verschiebung zweier nebeneinanderliegender Querschnitte entgegensetzt. Die hierbei im Innern auftretenden Schubspannungen wirken parallel zum beanspruchten Querschnitt, sind also im Gegensatz zu den Zug- und Druckspannungen Tangentialspannungen ... Außer den Schubspannungen treten unvermeidlich auch Biegespannungen auf. Bei der gebräuchlichen Durchführung des Scherversuches tritt keine reine Scherbeanspruchung auf, sondern es kommen auch Biegespannungen zur Wirkung. Da die erhaltenen Werte von der Versuchsgeschwindigkeit abhängig sind, ist auf eine gleichmäßig ansteigende Belastung zu achten. Die Spannungszunahme beträgt zweckmäßig etwa 1 kg/mm^2 pro Sekunde." (WEIKART 40), S. 1(2-103).

Die Scherversuche wurden mit der Zugmaschine vom Typ 1400 der Firma Zwick und Co. Ulm, Ulm, durchgeführt. Dafür mußte ein Gestänge hergestellt werden, dessen Greifbock den äußeren Mantel umfaßten. Zwischen diese und den Mantel wurde ein Metallring mit einem Innendurchmesser knapp über 3 mm gelegt und darauf nochmals ein Gummiring aufgebracht (Abb. 5).

Die Versuchs- und Abkühlgeschwindigkeit betrug 30 mm/Minute.

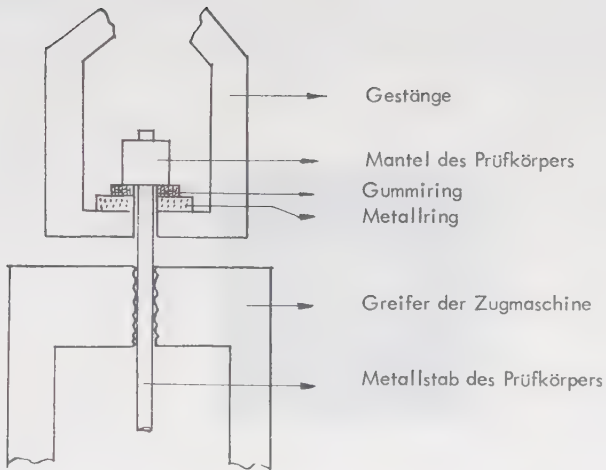


Abb. 6: Zuggestänge mit Prüfkörper für Scherversuch

C. ZERREISSVERSUCHE

"Die Zug- oder Zerreißfestigkeit ist die auf die Querschnittseinheit eines Stabes bezogene höchste Belastung." (WEIKART (40), S. 92).

"Zugfestigkeit = $P_{max}/F \text{ kp mm}^{-2}$." (FINGER und LOCKOWANDT (10), S. 44).

Nachdem sämtliche keramischen Körper von den Stäben abgeschert worden waren, wurden die Stäbe noch einmal in die Zugmaschine gespannt und mit einer Geschwindigkeit von 30 mm/Minute abgerissen.

Ziel dieser zusätzlichen Versuche war es, festzustellen, ob mehrmaliges Einschmelzen der Legierungen die Zerreißfestigkeit der Stäbe beeinflusste.

Die Stäbe wurden nicht ausgehärtet.

IV. ERGEBNISSE

Die von den Stäben abgerissenen Prüfkörper hinterließen an den Aufbrennflächen nur vereinzelt keramische Reste, und die Verbindungsflächen der Grundmassen waren nicht verfärbt (Abb. 7).

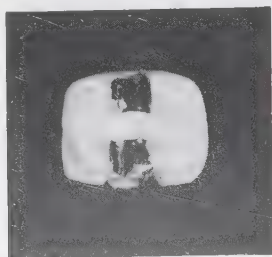


Abb. 7: Querschnitt des abgerissenen keramischen Körpers

Die Oxidschicht, die am Metall durch Glühen entstanden war, blieb erhalten.

Die durch die Scher- und Zerreifestigkeitsversuche erzielten Werte wurden in Tabellen zusammengefaßt. Dabei drücken die Zahlen der Scherfestigkeitsmessungen die Kräfte in Kilopond aus, die notwendig waren, um die Grundmassen von den Stäben zu trennen.

Die Zahlen der Zerreißfestigkeitsmessungen drücken die Kräfte in Kilopond aus, die notwendig waren, um die Stäbe (weich) zu zerreißen.

Der Mittelwert der Güsse ist aus den sechs Einzelwerten der Reihen errechnet.

Die Scherfestigkeitsmittelwerte - bezogen auf 1 mm^2 - entstanden, indem die Gesamtmittelwerte der Serien durch die Zahlen der Aufbrennflchen dividiert wurden.

Bei den Zerreifestigkeitsmittelwerten wurde durch die Querschnittsflächen der Stäbe dividiert.

An den Stellen sind auch die Mittelwerte der gesamten Serien in Kilopond und die Mittelwerte der Scher- und Zerreißfestigkeitswerte in kp/mm^2 angegeben.

Für die Legierungen und die angewandten Schmelzverfahren wurden aus statistischen Gründen folgende Kennziffern gewählt:

Degudent	01
Degudent-Universal	02
Schmelzverfahren mit offener Propan-Sauerstoff-Flamme (Keramiktiegel)	1
Schmelzverfahren mit Hochfrequenz- schleuder (Keramiktiegel)	2
Schmelzverfahren mit Hochfrequenz- schleuder (Kohlenstofftiegel)	3

WERTE AUS DEN SCHERFESTIGKEITSMESSUNGEN

Tabelle 1

DEGUDENT - geschmolzen mit Propan-Sauerstoff-Flamme im Keramiktiegel

G u ß

Reihe	1.	2.	3.	4.	5.
1	151	146	87	167	169
2	183	134	142	188	116
3	187	145	105	160	158
4	129	147	121	141	148
5	95	105	112	75	250
6	145	180	132	145	162
Mittelwerte der Güsse (kp)	148,33	142,83	116,50	146,00	167,16

Gesamtmittelwert der Serien 144,16 kp

Mittelwert der Scherfestigkeit 7,65 kp/mm²

Tabelle 2

DEGUDENT - geschmolzen im Keramiktiegel der Hochfrequenzschleuder

G u ß

Reihe	1.	2.	3.	4.	5.
1	82	53	79	135	53
2	165	74	102	105	60
3	99	90	190	125	172
4	124	114	52	88	45
5	137	151	140	102	52
6	81	89	87	83	82
Mittelwerte der Güsse (kp)	114,66	95,16	108,33	106,33	77,33

Gesamtmittelwert der Serien 100,36 kp

Mittelwert der Scherfestigkeit 5,32 kp/mm²

Tabelle 3

DEGUDENT - geschmolzen im Kohlenstoffiegel der Hochfrequenzschleuder

G u ß					
Reihe	1.	2.	3.	4.	5.
1	89	52	56	69	81
2	95	97	94	136	139
3	104	71	70	69	88
4	75	96	105	68	55
5	46	70	88	97	140
6	95	56	78	44	90
Mittelwerte der Güsse (kp)	84,00	73,66	81,83	80,50	98,83
Gesamtmittelwert der Serien	83,76 kp				
Mittelwert der Scherfestigkeit	4,44 kp/mm ²				

Tabelle 4

DEGUDENT-UNIVERSAL - geschmolzen mit Propan-Sauerstoff-Flamme im

Keramiktiegel					
G u ß					
Reihe	1.	2.	3.	4.	5.
1	132	250	131	111	137
2	98	110	96	134	144
3	128	75	117	109	197
4	55	85	144	103	133
5	141	93	142	102	94
6	107	137	181	47	121
Mittelwerte der Güsse (kp)	110,16	125,00	135,16	101,00	137,66
Gesamtmittelwert der Serien	121,80 kp				
Mittelwert der Scherfestigkeit	6,46 kp/mm ²				

Tabelle 5

DEGUDENT-UNIVERSAL - geschmolzen im Keramiktiegel der Hochfrequenz-
schleuder

G u ß					
Reihe	1.	2.	3.	4.	5.
1	145	179	127	179	76
2	150	160	132	142	159
3	95	157	106	170	171
4	128	60	113	118	130
5	73	106	50	99	85
6	106	245	111	102	78
Mittelwerte der Güsse (kp)	116,16	151,16	106,50	135,00	116,50
Gesamtmittelwert der Serien	125,06 kp				
Mittelwert der Scherfestigkeit	6,63 kp/mm ²				

Tabelle 6

DEGUDENT-UNIVERSAL - geschmolzen im Kohlenstofftiegel der Hochfrequenz-
schleuder

G u ß					
Reihe	1.	2.	3.	4.	5.
1	184	73	120	110	191
2	41	50	135	168	132
3	101	163	111	196	87
4	85	107	65	82	91
5	91	82	68	65	86
6	67	85	125	114	133
Mittelwerte der Güsse (kp)	94,83	93,33	104,00	122,50	120,00
Gesamtmittelwert der Serien	106,93 kp				
Mittelwert der Scherfestigkeit	5,67 kp/mm ²				

WERTE AUS DEN ZERREISSFESTIGKEITSMESSUNGEN

Tabelle 7

DEGUDENT-Stäbe - geschmolzen mit Propan-Sauerstoff-Flamme im Keramiktiegel

G u ß					
Reihe	1.	2.	3.	4.	5.
1	266	260	258	205	221
2	261	255	243	222	236
3	259	256	233	226	234
4	320	271	241	209	148
5	248	238	269	240	250
6	245	248	275	145	280
Mittelwerte der Güsse (kp)	266,50	254,66	253,16	207,83	228,16
Gesamtmittelwert der Serien	242,06 kp				
Mittelwert der Zerrei ßfestigkeit	34,26 kp/mm ²				

Tabelle 8

DEGUDENT-Stäbe - geschmolzen im Keramiktiegel der Hochfrequenzschleuder

G u ß					
Reihe	1.	2.	3.	4.	5.
1	227	275	228	232	259
2	246	255	221	281	255
3	257	224	231	228	258
4	252	224	250	219	163
5	228	272	247	218	221
6	250	234	119	230	250
Mittelwerte der Güsse (kp)	243,33	247,33	216,00	234,66	234,33
Gesamtmittelwert der Serien	235,13 kp				
Mittelwert der Zerrei ßfestigkeit	33,28 kp/mm ²				

Tabelle 9

DEGUDENT-Stäbe - geschmolzen im Kohlenstoffiegel der Hochfrequenzschleuder

G u ß					
Reihe	1.	2.	3.	4.	5.
1	266	298	310	269	306
2	302	283	241	304	291
3	313	316	308	301	320
4	302	412	314	298	305
5	296	303	296	328	303
6	310	318	321	287	297
Mittelwerte der Güsse (kp)	298,16	321,66	298,33	297,83	303,66
Gesamtmittelwert der Serien	303,93 kp				
Mittelwert der Zerrei ßfestigkeit	43,01 kp/mm ²				

Tabelle 10

DEGUDENT-UNIVERSAL - Stäbe - geschmolzen mit Propan-Sauerstoff-Flamme

im Keramiktiegel

G u ß					
Reihe	1.	2.	3.	4.	5.
1	346	333	335	339	362
2	360	345	336	329	327
3	344	325	320	209	259
4	402	423	404	359	359
5	358	412	424	389	414
6	325	318	320	265	370
Mittelwerte der Güsse (kp)	355,83	359,33	356,50	315,00	348,50
Gesamtmittelwert der Serien	347,03 kp				
Mittelwert der Zerrei ßfestigkeit	49,11 kp/mm ²				

Tabelle 11

DEGUDENT-UNIVERSAL - Stäbe - geschmolzen im Keramiktiegel der
Hochfrequenzschleuder

G u ß					
Reihe	1.	2.	3.	4.	5.
1	315	314	319	347	330
2	317	341	274	340	324
3	348	362	376	314	325
4	350	348	249	265	243
5	355	308	419	402	285
6	329	301	369	302	314
Mittelwerte der Güsse (kp)	335,66	329,00	334,33	328,33	303,50
Gesamtmittelwert der Serien	326,16 kp				
Mittelwert der Zerrei ßfestigkeit	46,16 kp/mm ²				

Tabelle 12

DEGUDENT-UNIVERSAL - Stäbe - geschmolzen im Kohlenstofftiegel der
Hochfrequenzschleuder

G u ß					
Reihe	1.	2.	3.	4.	5.
1	268	413	410	423	429
2	225	413	402	396	360
3	212	398	423	439	365
4	304	373	402	405	424
5	412	435	374	400	414
6	391	312	427	431	410
Mittelwerte der Güsse (kp)	302,00	390,66	406,33	415,66	400,33
Gesamtmittelwert der Serien	383,00 kp				
Mittelwert der Zerrei ßfestigkeit	54,21 kp/mm ²				

V. MATHEMATISCH-STATISTISCHE AUSWERTUNG

Die Mittelwerte der Scherfestigkeits- und Zerreißfestigkeitsmessungen wurden mit einer mehrfachen Varianzanalyse überprüft. Einzelheiten der Varianzanalyse sind in der Fachliteratur (39) nachzulesen. Hier sollen nur einige Anmerkungen gemacht werden, die das Verständnis der Ergebnistabellen erleichtern.

Die Varianzanalyse eliminiert aus der Gesamtstreuung der Meßergebnisse die Streuungen einzelner Einflußgrößen (Faktoren) sowie deren gegenseitige Beeinflussung (Wechselwirkung) und beurteilt diese unabhängig voneinander.

In der ersten Spalte der Varianzanalysentabellen werden diese Faktoren und Wechselwirkungen aufgeführt. Die zweite Spalte (Summe der Abweichungsquadrate = SAQ) enthält die entsprechenden Anteile an der Gesamtstreuung. Die Division der SAQ durch die sogenannten Freiheitsgrade (FG, dritte Spalte) führt zu den mittleren Abweichungsquadraten (MAQ, Spalte 4), die das eigentliche Streuungsmaß darstellen. Im F-Test (Spalte 5 und 6) wird geprüft, ob dieser Streuungsanteil wesentlich größer ist als nach der Versuchsstreuung zu erwarten.

Die berechneten F-Werte werden beurteilt, nachdem eine geeignete Irrtumswahrscheinlichkeit p durch Vergleich mit den tabulierten Werten der F-Verteilung festgesetzt ist. Von einem signifikanten Ergebnis spricht man, wenn der berechnete Wert größer ist als der Tabellen-F-Wert für $p = 0,01$. Die Annahme, daß zwischen den einzelnen Stufen eines Faktors oder einer Wechselwirkung keine wesentlichen Unterschiede bestehen (sog. Nullhypothese), kann dann nicht aufrecht erhalten werden. Wird jedoch nur der kleinere Tabellenwert für $p = 0,05$ überschritten, so spricht man von statistisch auffälligem Ergebnis.

Hat der F-Test ergeben, daß zwischen bestimmten Mittelwerten (den Stufen eines Faktors oder einer Wechselwirkung) signifikante Unterschiede bestehen, so gilt die Aussage zusammenfassend für alle diese Mittelwerte. Es kann nicht ohne weiteres gefolgert werden, daß zwei bestimmte Mittelwerte sich unterscheiden.

Wenn bestimmte Mittelwertsdifferenzen beurteilt werden, so kann das mit Hilfe von Konfidenzintervallen geschehen.

Die hier benutzten, von TUKEY (39) angegebenen Konfidenzintervalle haben die Form:

$$\hat{L} - \sqrt{\frac{MAQ_N}{r}} \cdot q_{1-p/k/f} \leq L \leq \hat{L} + \sqrt{\frac{MAQ_N}{r}} \cdot q_{1-p/k/f}$$

L - der zu beurteilende Mittelwertskontrast der Stichprobe

L - der entsprechende Kontrast der Grundgesamtheit

$\frac{MAQ_N}{r}$ - Varianz des Kontrastes

MAQ_N - ist das aus der Varianzanalysetabelle entnommene MAQ für den Nenner im F-Test

r - Anzahl der jedem Mittelwert zugrunde liegenden Einzelmessungen

$q_{1-p/k/f}$ - obere Signifikanzschranke des studentisierten Extrembereiches

$1-p$ - Sicherheitswahrscheinlichkeit

k - Anzahl der Mittelwerte

f - Anzahl der Freiheitsgrade von MAQ_N .

Eine Mittelwertsdifferenz $\hat{L}$ ist dann signifikant von 0 unterschieden, wenn sie größer ist als der Ausdruck:

$$G = \sqrt{\frac{MAQ_N}{r}} \cdot q_{1-p/k/f}$$

Um die die Konfidenzgrenzen überschreitenden Werte zu ermitteln, wurde folgendermaßen vorgegangen:

Die zu untersuchenden Mittelwerte wurden der Größe nach untereinander angeordnet, anschließend alle möglichen Differenzen gebildet und in einer Vergleichsmatrix zusammengefaßt. In diesen Schemata sind die größeren Werte rechts oben angegeben, und es kann leicht festgestellt werden, welche die Konfidenzgrenze überschreiten (Tabelle 15, 19).

Tabelle 13

Varianzanalyse der Scherfestigkeitsmessungen

Faktoren und Wechselwirkungen	SAQ	FG	MAQ	F-Wert	Beurteilung + auffällig (p = 0,05) ++ signif. (p = 0,01)
Schmelzverfahren	42572,13	2	21286,07	11,4	++
Legierung	3251,25	1	3251,15	1,74	
Guß	2419,48	4	604,87	-	
	55986,23	30	1866,21	1,45	
Schmelzverfahren/Legierung	21454,53	2	10727,27	5,75	++
Schmelzverfahren/Guß	14478,76	8	1809,84	1,40	
Legierung/Guß	3891,28	4	972,82	-	
Schmelzverf./Legierung/Guß	12573,02	8	1571,63	1,22	
Rest	154710,27	120	1289,25		

Mittelwerte aus den Scherfestigkeitsmessungen

Tabelle 14

Scherfestigkeitsmittelwerte der Serien nach Legierung und Schmelzverfahren

Schmelzverfahren		1	2	3
Legierung	01	144,16	100,36	83,76
	02	121,80	125,06	106,93

Tabelle 15

Vergleichsmatrix (TUKEY-Test) der Mittelwerte aus Tabelle 14

(Knz = Kennziffer, L = Legierung, S = Schmelzverfahren)

Knz			Differenzen				
L	S	Mittel- werte	02/2	02/1	02/3	01/2	01/3
01	1	144,16	19,10	22,36	37,23	43,80	60,40
02	2	125,06		3,26	18,13	24,70	41,30
02	1	121,80			14,87	21,44	38,04
02	3	106,93				6,57	23,17
01	2	100,36					16,60
01	3	83,76					

Konfidenzgrenze $G = 41,30$

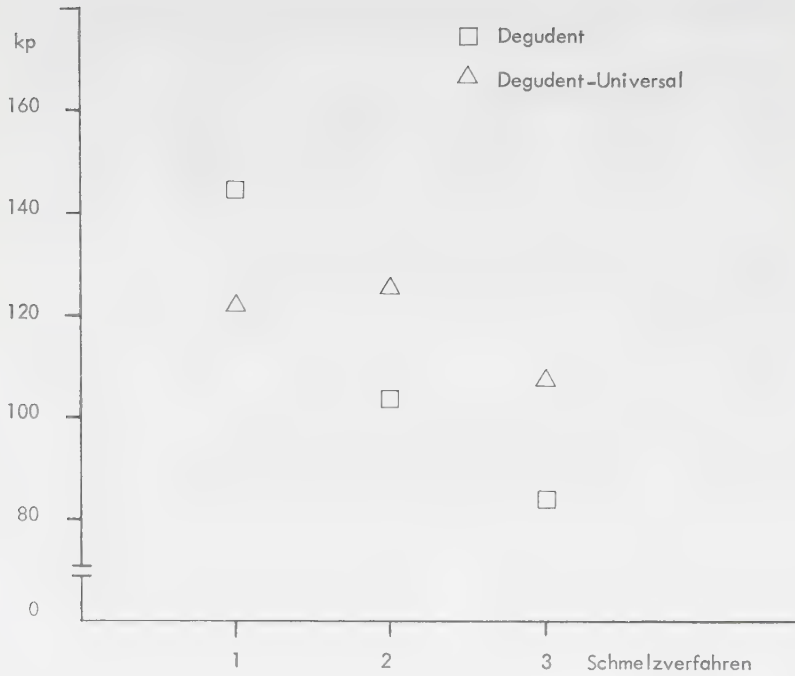


Abb. 8: Mittelwerte der Scherfestigkeit der untersuchten Legierungen nach den drei Schmelzverfahren (Tabelle 14)

- 1 Propan-Sauerstoff-Flamme (Keramiktiegel)
- 2 Hochfrequenzschleuder (Keramiktiegel)
- 3 Hochfrequenzschleuder (Kohlenstofftiegel)

Die Varianzanalysetabelle der Scherfestigkeitsmessungen (Tabelle 13) zeigt, daß die Wechselwirkung Schmelzverfahren/Legierung gesichert ist. Das bedeutet, daß Unterschiede zwischen den Schmelzverfahren in Abhängigkeit von den verwendeten Legierungen vorhanden sind (Abb. 8).

Gesicherte Unterschiede zwischen den Güssen oder zwischen den Reihen bestehen nicht. Ebenfalls nicht signifikant sind die Wechselwirkungen Schmelzverfahren/Guß, Legierung/Guß und Schmelzverfahren/Legierung/Guß.

Die Mittelwerte der einzelnen Kombinationen aus Schmelzverfahren und Legierungen sind in Tabelle 14 dargestellt.

Um zu ermitteln, bei welchen Schmelzverfahren Unterschiede zwischen den Legierungen bestehen, sind die Mittelwerte aus Tabelle 14 der Größe nach geordnet, alle paarweisen Differenzen gebildet und mittels TUKEY-Test überprüft worden (Tabelle 15). Die Konfidenzgrenze liegt bei 41,30.

Sachlich ergibt sich daraus, daß bei Degudent gesicherte Unterschiede beim Schmelzverfahren mit der Hochfrequenzschleuder (Keramiktiegel und Kohlenstofftiegel) gegenüber dem Verfahren mit der Propan-Sauerstoff-Flamme aufgetreten sind.

Dagegen unterscheiden sich die Schmelzverfahren 2 und 3 nicht voneinander.

Bei Degudent-Universal besteht in keinem der Schmelzverfahren Signifikanz.

Tabelle 15

Varianzanalyse der Zerreißfestigkeitsmessungen

Faktoren und Wechselwirkungen	SAQ	FG	MAQ	F-Wert	Beurteilung + auffällig (p = 0,05) ++ signif. (p = 0,01)
schmelzverfahren	130639,68	2	65319,84	26,9	++
Legierung	378308,36	1	378308,36	155,9	++
Guß	8098,28	4	2024,57	1,65	
Reihe	72779,13	30	2425,97	1,98	++
Schmelzverfahren/Legierung	5040,74	2	2520,37	1,04	
Schmelzverfahren/Guß	44076,49	8	5509,56	4,50	++
Legierung/Guß	13416,92	4	3354,23	2,74	+
Schmelzverf./Legierung/Guß	17240,31	8	2155,04	1,76	
Rest	147027,20	120	1225,23	-	

Mittelwerte aus den Zerreißfestigkeitsmessungen

Tabelle 17

Mittelwerte von Degudent und Degudent-Universal in den einzelnen Reihen

(L = Legierung)

L	Reihe					
	1	2	3	4	5	6
01	258,66	259,73	264,26	261,86	263,80	253,93
02	352,20	339,26	334,60	354,00	386,73	345,60

Gesamtmittelwert von Degudent (01) = 260,37 kp

Gesamtmittelwert von Degudent-Universal (02) = 352,06 kp

Tabelle 18

Mittelwerte der Güsse nach den drei Schmelzverfahren

Guß	Schmelzverfahren		
	1	2	3
1.	311,16	289,50	300,08
2.	307,00	288,16	355,16
3.	304,83	275,16	352,33
4.	261,41	281,50	356,75
5.	288,33	268,91	352,00

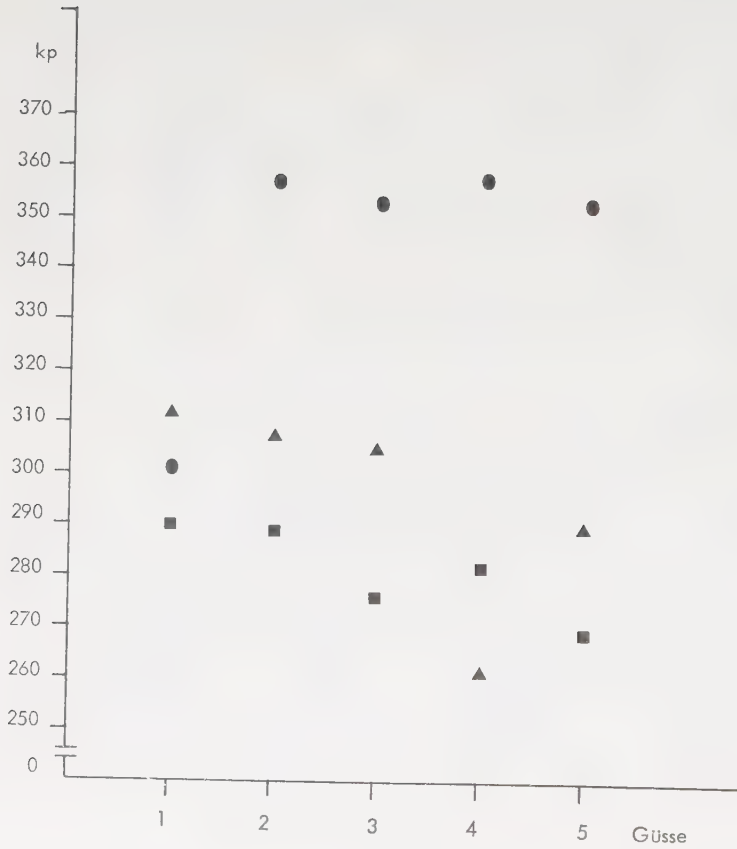


Abb. 9: Zerreißfestigkeitsmittelwerte der Güsse nach den drei Schmelzverfahren (Tabelle 18)

- ▲ Propan-Sauerstoff-Flamme (Keramiktiegel)
- Hochfrequenzschleuder (Keramiktiegel)
- Hochfrequenzschleuder (Kohlenstofftiegel)

Tabelle 19

Vergleichsmatrix (TUKEY-Test aus Tabelle 18) der Zerreißfestigkeitsmittelwerte der Güsse nach den drei Schmelzverfahren

(G = Guß, S = Schmelzverfahren, Mw = Mittelwert, Knz = Kennziffer)

Knz		Differenzen														
G	S	Mw	23	33	53	11	21	31	13	12	51	22	42	32	52	41
4	3	356,75	0,59	4,42	4,75	45,59	49,75	51,92	55,67	67,25	68,42	68,59	75,25	81,59	87,84	95,34
2	3	356,16		3,83	4,16	45,00	49,16	51,33	56,08	66,66	67,83	68,00	74,66	81,00	87,25	94,75
3	3	352,33			0,33	41,17	45,33	47,50	52,25	62,83	64,00	64,17	70,83	77,17	83,42	90,92
5	3	352,00				40,84	45,00	47,17	51,92	62,50	63,67	63,84	70,50	76,84	83,09	90,59
1	1	311,16					4,16	6,33	11,08	21,66	22,83	23,00	29,66	36,00	42,25	49,75
2	1	307,00						2,17	6,92	17,50	18,67	18,84	25,50	31,84	38,09	45,59
3	1	304,83							4,75	15,33	16,50	16,67	23,33	29,67	35,92	43,42
1	3	300,08								10,58	11,75	11,92	18,58	24,92	31,17	38,67
1	2	289,50									1,17	1,34	8,00	14,34	20,59	28,09
5	1	288,33										0,17	6,83	13,17	19,42	26,92
2	2	288,16											6,66	13,00	19,25	26,75
4	2	281,50												6,34	12,59	20,09
3	2	275,16													6,25	13,75
5	2	268,91														7,50
4	1	261,41														

Konfidenzgrenze G = 56,73

Aus der Varianzanalysetabelle der Zerreißfestigkeitsmessungen (Tabelle 16) ist ersichtlich:

Es bestehen gesicherte Unterschiede zwischen den Legierungen. Weiterhin ist die Wechselwirkung Schmelzverfahren/Guß signifikant, d.h. daß Unterschiede zwischen den Güssen in Abhängigkeit von den Schmelzverfahren vorhanden sind. Gleichfalls bestehen gesicherte Unterschiede zwischen den Reihen.

Eine signifikante Wechselwirkung Schmelzverfahren/Legierung, wie bei den Scherfestigkeitsmessungen, ist hier nicht vorhanden. Die dreifache Beziehung Schmelzverfahren/Legierung/Guß ist bei den Zerreißfestigkeitsmessungen ebenfalls nicht gesichert.

Aus Tabelle 17 ist zu ersehen, daß Degudent-Universal eine höhere Zerreißfestigkeit als Degudent aufweist.

Die Tabelle 18 und Abb. 9 geben Aufschluß über die Beziehungen der Güsse zu den Schmelzverfahren. Die Mittelwerte wurden ebenfalls mittels TUKEY-Testes auf Signifikanz überprüft (Tabelle 19).

Es zeigt sich, daß bei den einzelnen Schmelzverfahren keine gesicherten Differenzen zwischen den Güssen untereinander bestehen.

Dagegen unterscheiden sich die Güsse 2, 3, 4 und 5 des Schmelzverfahrens drei (Hochfrequenz, Kohlenstoffiegel) von allen fünf Güssen des Verfahrens zwei (Hochfrequenz, Keramikiegel).

Die Verfahren eins (Propan-Sauerstoff-Flamme, Keramikiegel) und drei (Hochfrequenz, Kohlenstoffiegel) weisen lediglich bei den Güssen 4 und 5 Signifikanz auf.

VI. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Die statistischen Ergebnisse der Scherfestigkeitsmessungen zeigen, daß die Scherfestigkeit der Bindung zwischen Degudent oder Degudent-Universal und der Vita-VMK-Grundmasse-68 nicht nachteilig beeinflußt wird, wenn man die Legierung fünfmal einschmilzt. Offenbar wirken sich die dabei auftretenden Änderungen im Legierungsgefüge kaum nennenswert auf die Haftfestigkeit aus. Daraus läßt sich schließen, daß die alten Gußkegel, denen $\frac{1}{3}$ neues Metall zugesetzt wird, zumindest viermal wieder verwendet werden können.

Ähnliche Ergebnisse hat MITSCH (24) für einige Legierungen auf Chrom-Nickel-Basis erzielt.

Auch die Härte von Degudent und Degudent-Universal soll nach DÖRR (5) durch wiederholtes Vergießen nicht beeinträchtigt werden.

Die signifikante Beziehung Schmelzverfahren/Legierung zeigt, daß sich bei Degudent das Gasschmelzverfahren gegenüber dem elektrischen vorteilhafter auswirkt, während sich die Verfahren mit der Hochfrequenzschleuder nicht unterscheiden (Tabelle 15).

Den größten Scherfestigkeitsmittelwert erreicht Degudent (144,2 kp), geschmolzen mit der Propan-Sauerstoff-Flamme im Keramiktiegel, den kleinsten (83,7 kp), elektrisch geschmolzen im Kohlenstofftiegel der Hochfrequenzschleuder (Tabelle 14, Abb. 8). Dies ist insofern erstaunlich, als allgemein angenommen wird, mit dem Kohlenstofftiegel der Hochfrequenzschleuder die besten Gußgefüge zu erreichen und diese dann auch eine bessere Haftfestigkeit gewährleisten.

HINTENBERGER (16), S. 178) meint: "Die Hochfrequenzgießmaschinen sind für platinhaltige Goldlegierungen nicht zu empfehlen. Diese Maschinen sind für Chrom-Kobalt-Legierungen bestimmt. Der Temperaturanstieg erfolgt bei diesen Maschinen sehr schnell und führt beim Schmelzen von Goldlegierungen leicht zum Pinkus-Effekt (gemeint ist Pinch-Effekt, D. Autor). Da jede Überhitzung der Aufbrennlegierung vermieden werden sollte, sind Hochfrequenzgießmaschinen nicht zu empfehlen. Die ideale Schmelzung von Aufbrennlegierungen erfolgt in einem keramischen Spezialtiegel, in dem das Schmelzgut weder oxydierend noch reduzierend geschmolzen werden kann."

Bei Degudent-Universal unterscheiden sich die einzelnen Schmelzverfahren untereinander nicht signifikant (Tabelle 15).

Aus den Tabellen 1, 2 und 3 gehen folgende Scherfestigkeitsmittelwerte bezogen auf 1 mm^2 hervor, und zwar bei

Degudent (gasgeschm., Keramik.)	$7,6 \text{ kp/mm}^2$
Degudent (elektr. geschm., Keramik.)	$5,4 \text{ kp/mm}^2$
Degudent (elektr. geschm., Kohlenstoff.)	$4,5 \text{ kp/mm}^2$

aus den Tabellen 4, 5 und 6 die Werte:

Degudent-Universal (gasgeschm., Keramik.)	$6,5 \text{ kp/mm}^2$
Degudent-Universal (elektr. geschm., Keramik.)	$6,6 \text{ kp/mm}^2$
Degudent-Universal (elektr. geschm., Kohlenstoff.)	$5,6 \text{ kp/mm}^2$

(Abb. 10)

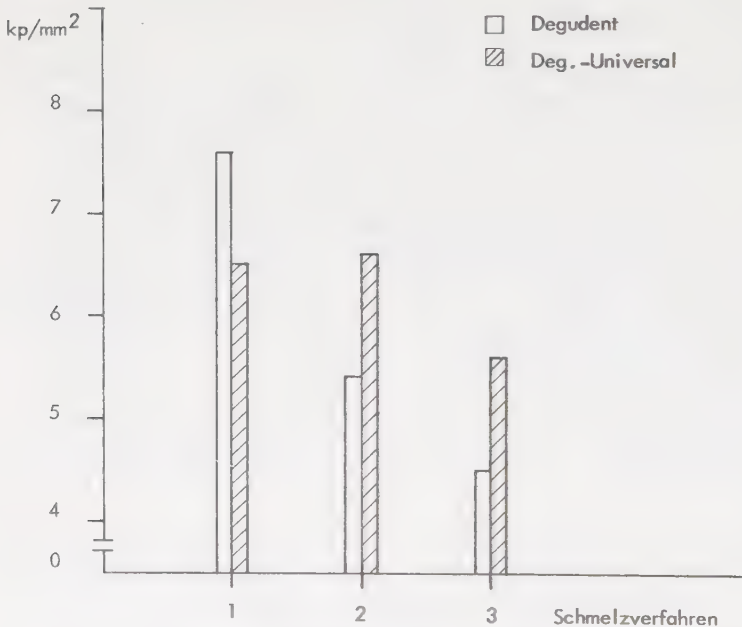


Abb. 10: Scherfestigkeitsmittelwerte der Verbindung Keramikmasse - Legierung nach den drei Schmelzverfahren

- 1 Propan-Sauerstoff-Flamme (Keramiktiegel)
- 2 Hochfrequenzschleuder (Keramiktiegel)
- 3 Hochfrequenzschleuder (Kohlenstofftiegel)

SILVER, KLEIN und HOWARD (33) geben Haftfestigkeitswerte an, z.B. bei Permium 27 mit Permadent $1,6 \text{ kp/mm}^2$ (psi (4) S. 9), Permium 22 mit Permadent $0,4 \text{ kp/mm}^2$, Micro-Bond mit Micro-Bond $2,3 \text{ kp/mm}^2$, Ceramco mit Ceramco $1,5 \text{ kp/mm}^2$. SCHELL und NIELSEN (32) erreichen bei verschiedenen Metallen und Legierungen mittlere Scherfestigkeitswerte von $2,5-9,1 \text{ kp/mm}^2$, während die von WAGNER (38) mit der VMK-Technik bei Degudent angegebenen Werte zwischen $8-10 \text{ kp/mm}^2$ liegen. NALLY und BERTA (25) erzielen Festigkeitswerte von $1,2-3,1 \text{ kp/mm}^2$ und ANTHONY, BURNETT, SMITH und BROOKS (1) durchschnittliche Werte von $8,7-11,2 \text{ kp/mm}^2$. SCED und McLEAN (30) haben Werte für Degudent von $2,8 \text{ kp/mm}^2$ erhalten sowie GOELLER, MEYER und NALLY (13) Scherfestigkeitswerte bei verschiedenen Legierungen um $3,0 \text{ kp/mm}^2$.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß die Oxidschicht an der Verbindungszone Keramik-Legierung nach Abriß der Vita-Masse am Metall haftet (Abb. 7), und zwar sowohl beim niedrigsten als auch beim höchsten erzielten Scherfestigkeitswert, unabhängig davon, ob die Keramikmasse glatt abreißt oder noch einzelne Reste verbleiben. Hier ist also die Bindung Metall-Oxidschicht größer als die von Oxidschicht zur Masse. Diese Erscheinung steht im Gegensatz zu dem von MITSCH (24) bei Legierungen auf Chrom-Nickel-Basis festgestellten Effekt.

Die statistischen Ergebnisse der Zerreißfestigkeitsmessungen haben die größere Zerreißfestigkeit von Degudent-Universal bestätigt. Der Gesamtmittelwert von Degudent-Universal mit $352,1 \text{ kp}$ liegt weit höher als der Wert von Degudent mit $260,4 \text{ kp}$ (Tabelle 17).

Während bei den Scherfestigkeitsmessungen das Gasschmelzverfahren die Legierung Degudent beeinflusst, haben bei den Zerreißfestigkeitsmessungen die drei Schmelzverfahren auf beide Legierungen keine direkten Einwirkungen.

Gesicherte Unterschiede bestehen aber zwischen den Güssen abhängig von den angewandten Schmelzverfahren (Tabelle 18). Daraus folgt, daß wiederholtes Einschmelzen - mit $1/3$ Neumetallzusatz - sich auf die Zerreißfestigkeit bei Degudent und Degudent-Universal je nach Schmelzverfahren ungleich auswirkt. Die Güsse der einzelnen Verfahren unterscheiden sich untereinander nicht, differieren aber von Verfahren zu Verfahren.

Die Zerreißfestigkeitsmittelwerte der Stäbe aus der Hochfrequenzschleuder mit dem Kohlenstofftiegel sind ab dem 1. Guß erheblich höher als die Werte der Stäbe aus der Hochfrequenzschleuder mit dem Keramiktiegel (Tabelle 18, Abb. 9). Dies ist etwas überraschend,

zumal die Scherfestigkeit bei diesem Verfahren am niedrigsten liegt.

Zwischen dem Schmelzen mit der Propan-Sauerstoff-Flamme und dem elektrischen (Kohlenstofftiegel) bestehen ebenfalls Unterschiede, jedoch nur in den Güssen 4 und 5, wobei sich der 4. Guß des Gasverfahrens mit 261,4 kp weit unter dem 4. Guß (Kohlenstofftiegel) befindet.

Die signifikanten Differenzen zwischen den Reihen (Tabelle 17) zeigen, daß doch bei gleichen Versuchsbedingungen erhebliche Streuwerte auftreten können.

Die Zerreißfestigkeitsmittelwerte bezogen auf 1 mm^2 liegen niedriger als die von den Herstellern angegebenen Werte, nämlich (Tabelle 7, 8, 9, 10, 11, 12):

Degudent (gasgeschm., Keramik.)	34,3 kp/mm ²
Degudent (elektr. geschm., Keramik.)	33,3 kp/mm ²
Degudent (elektr. geschm., Kohlenstoff.)	43,1 kp/mm ²
Degudent-Universal (gasgeschm., Keramik.)	49,1 kp/mm ²
Degudent-Universal (elektr. geschm., Keramik.)	46,1 kp/mm ²
Degudent-Universal (elektr. geschm., Kohlenstoff.)	54,2 kp/mm ²

(Abb. 11).

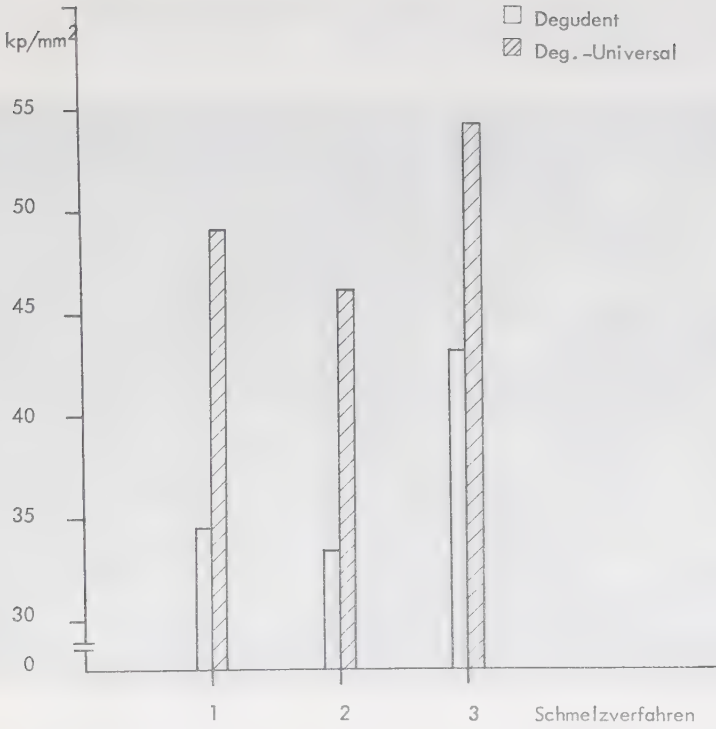


Abb. 11: Zerreißfestigkeitsmittelwerte der Degudent- und Degudent-Universal-Stäbe nach den drei Schmelzverfahren

- 1 Propan-Sauerstoff-Flamme (Keramiktiegel)
- 2 Hochfrequenzschleuder (Keramiktiegel)
- 3 Hochfrequenzschleuder (Kohlenstoffiegel)

VII. ANHANG

A. AUFNAHMEN

Um Aufschluß über das Gefüge im Bruchbereich zu bekommen, wurden von den Abrißflächen zweier Stäbe Aufnahmen angefertigt.

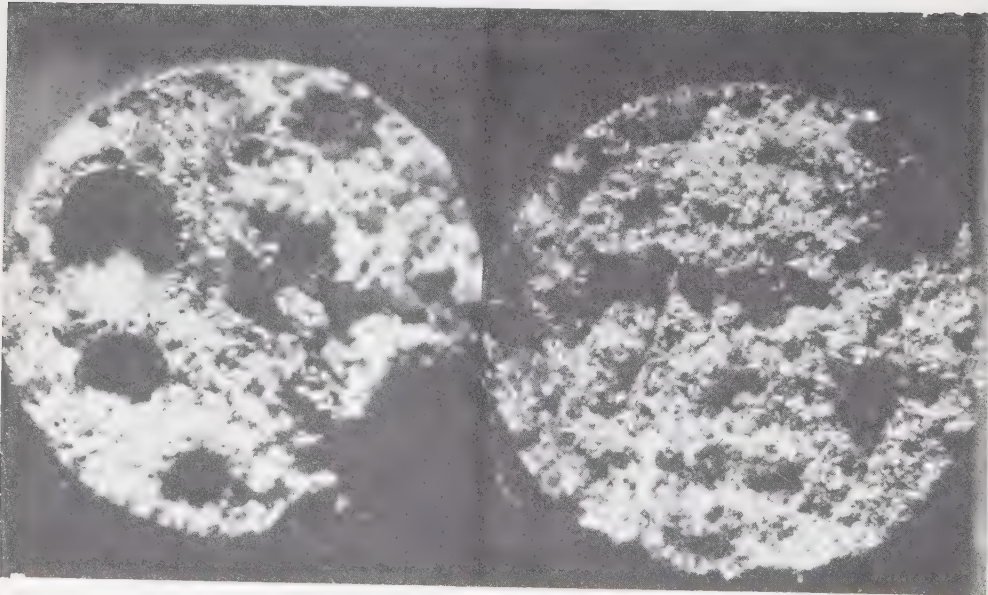


Abb. 12: Degudent-Universal-Stab,
geschmolzen im Kohlen-
stromschmelzofen,
quenzschleuder, 1. Reihe,
1. Gull, Zerreißversuch
268 kp (Tabelle 12)

Abb. 13: Degudent-Universal-Stab,
geschmolzen im Kohlenstoff-
tiegel der Hochfrequenz-
schleuder, 5. Reihe,
2. Gull, Zerreißversuch
435 kp (Tabelle 12)

Abb. 12 zeigt drei große runde Hohlräume von verschiedenem Durchmesser, während Abb. 13 eine Reihe kleiner vielgestaltiger Lunker aufweist.

Die starke Streuung der Zerreißfestigkeitswerte dürfte auf das unterschiedliche Gefüge im Bruchspaltbereich zurückzuführen oder von Art und Anzahl der Lunker abhängig sein. Ungünstig für das Gußgefüge wirkte sich wahrscheinlich die Tatsache aus, daß der Gukanal genauso breit war wie das Guobjekt, so daß es zu einer ungleichmäßigen Erstarrung und damit Lunkerbildung kam.

Es bleibt jedoch die Frage offen, wieso in den einzelnen Stäben eine unterschiedliche Zahl von Hohlräumen und Lunkern entstand, obwohl alle Güsse unter gleichen Bedingungen durchgeführt wurden.

VIII. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde die Scherfestigkeit der Bindung zwischen Degudent oder Degudent-Universal und der aufbrennkeramischen Vita-VMK-Grundmasse-68 untersucht und geprüft, wie sich die Legierungen unter dem Einfluß wiederholten Einschmelzens – bei 1/3 Neumetall-zusatz – sowie unter der Einwirkung der Gußverfahren mit der Tiegel- und Hochfrequenzschleuder verhielten. Dabei konnte festgestellt werden:

1. Wiederholtes Einschmelzen wirkte sich nicht nachteilig auf die Scherfestigkeit der Bindung zwischen Vita-VMK-Grundmasse-68 und Degudent oder Degudent-Universal aus. Die Gußkegel konnten viermal wieder verwendet werden, ohne die Haftfestigkeit nennenswert zu beeinflussen.
2. Von den drei angewandten Schmelzverfahren (Gasflamme, Hochfrequenz mit Keramik- und Kohlenstofftiegel) brachte das Schmelzen mit der offenen Propan-Sauerstoff-Flamme im Keramiktiegel nur bei Degudent signifikante Unterschiede. Der größte Scherfestigkeitsmittelwert zeigte sich bei dem im Keramiktiegel geschmolzenen Degudent, der kleinste beim elektrisch im Kohlenstofftiegel geschmolzenen.
3. Die Oxidschicht der Verbindungszone Keramik-Legierung blieb ganz am Metall haften, dagegen die VMK-Masse selten und dann nur teilweise.

Die zusätzlich an den Degudent- und Degudent-Universal-Stäben durchgeführten Zerreißfestigkeitsprüfungen erbrachten:

1. Die größere Zerreißfestigkeit von Degudent-Universal hatte sich bestätigt.
2. Die drei angewandten Schmelzverfahren (Gasflamme, Hochfrequenz mit Keramik- und Kohlenstofftiegel) zeigten bei den Legierungen Degudent und Degudent-Universal selbst keine Unterschiede.
3. Dagegen wirkte sich wiederholtes Einschmelzen – mit 1/3 Neumetallzusatz – auf die Güsse aller drei Verfahren ungleich aus.

Die mit der Hochfrequenzschleuder im Kohlenstofftiegel gegossenen Degudent- und Degudent-Universal-Stäbe erreichten die höchsten Zerreißfestigkeitswerte. (Die Scherfestigkeitswerte lagen bei diesem Verfahren am niedrigsten.)

Das Gasschmelzverfahren unterschied sich mit erheblich niedrigeren Werten vom elektrischen (Kohlenstofftiegel) in den Güssen 4 und 5.

Während die Herstellerangaben² angegebenen Zerreißfestigkeitswerte wurden nicht erreicht,

IX. LITERATURVERZEICHNIS

1. ANTHONY, D.H., BURNETT, A.P., SMITH, D.L. und BROOKS, M.S.:
Shear test for measuring bonding in cast gold alloy-porcelain composites.
J. dent. Res. 49, 27-33 (1970)
2. BEEK, K.H.:
Erfahrung mit metallkeramischen Kronen und Brücken mit einem Überblick
über die Entwicklung.
Dtsch. Zahnärztebl. 23, 418-425 (1969)
3. BREUSTEDT, A.:
Zahnärztliche Keramik.
VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 1968
4. CHRISTEN, H.:
Werkstoffbegriffe.
Verlag von Huber u. Co. AG, Frauenfeld 1964
5. DÖRR, U.:
Härteprüfungen von Gold-Platin-Aufbrennlegierungen unter dem Einfluß
wiederholten Einschmelzens und verschiedener Wärmebehandlungen.
Med. Diss. Mainz 1971
6. EICHNER, K.:
Über die Bindung von keramischen Massen und Edelmetall-Legierungen -
Theorien und optische sowie elektronenmikroskopische Untersuchungen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 373-382 (1968)
7. EICHNER, K., RADMOTH von M.S., RIEDEL, H. und VAHL, J.:
Mikromorphologische Untersuchungen der Gold-Keramikverbindungen
verschiedener Systeme.
Dtsch. zahnärztl. Z. 25, 274-280 (1970)
8. EICHNER, K.:
Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe und ihre Verarbeitung.
Berlinische Verlagsanstalt GmbH, Berlin 1967
9. FDI-Spezifikation Nr. 7
dental-labor 15, 473-477 (1967)
10. FINGER, W. und LOCKOWANDT, P.:
Materialtechnische Prüfung einer Angußverbindung.
Dtsch. zahnärztl. Z. 28, 41-45 (1973)
11. FREYBERGER, P.:
Weitere Verbesserungen der Porzellanmantelkronentechnik.
Zahnärztl. Welt 77, 583-590 (1968)

12. FREYBERGER, P.:
Fehlermöglichkeiten in der Metallkeramik.
Zahnärztl. Welt 78, 1082-1093 (1969)
13. GOELLER, I., MEYER, J.M. und NALLY, J.N.:
Vergleichende Untersuchungen über drei Isoliermittel.
dental-labor 21, 360-362 (1973)
14. HARTLMAIER, K.M.:
Vom Rinderzahn zur Teleskopkrone - Kurze Geschichte der Zahntechnik.
Verlag Neuer Merkur, Köln-Lindenthal 1965
15. HINTENBERGER, K.:
Aktuell für die Keramik (II)
dental-labor 12, 117-120 (1964)
16. HINTENBERGER, K.:
Aktuell für die Keramik (III)
dental-labor 12, 176-178 (1964)
17. HINTENBERGER, K.:
Aktuell für die Keramik (VIII)
dental-labor 13, 10-12 (1965)
18. HINTENBERGER, K.:
Aktuell für die Keramik (X)
dental-labor 13, 140-142 (1965)
19. HOLLEMAN-WIBERG:
Lehrbuch der anorganischen Chemie
Verlag Walter de Gruyter u. Co., Berlin 1971
20. JOHNSTON, J.F., MUMFORD, G. und DYKEMA, R.W.:
Porzellan in der Zahnheilkunde.
Medica Verlag, Stuttgart 1969
21. LAUTENSCHLAGER, E.P.:
Microprobe analysis of gold-porcelain bonding.
J. dent. Res. 48, 1206-1210 (1969)
22. LYON, D.M., COWGER, G.T., WOYCHESHIN, F.F. und
MILLER, Ch.B.:
Porcelain fused to gold - evaluation and esthetics.
J. prosth. Dent. 10, 319-324 (1960)
23. MARXKORS, R. und THOMAS, K.D.:
Die VMK/Degudent-Technik.
Dtsch. Zahnärztebl. 19, 175-179 (1965)

24. MITSCH, R.:
Experimentelle Untersuchung über die Scherfestigkeit der Verbindung zwischen Porzellan und Chrom-Nickel-Legierungen und die Auswirkung wiederholten Einschmelzens.
Med. Diss. Mainz 1971
25. NALLY, J.N. und BERTA, J.J.:
Recherches expérimentales sur les propriétés mécaniques des céramiques cuites sur alliages.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 75, 93-104 und 192-195 (1965)
26. NISHIYAMA, Y., WAKAI, H. und NOGUCHI, H.:
Various factors affecting the bonding strength of porcelain fused to gold alloys.
Bull. Tokyo dent. Coll. 12, 99-116 (1971)
27. O'BRIEN, W.J. und RYGE, G.:
Contact angles of drops of enamels on metals.
J. prosth. Dent. 15, 1094-1100 (1965)
28. O'BRIEN, W.J. und RYGE, G.:
Relation between molecular force calculations and observed strength of enamel-metal interfaces.
J. Am. Ceram. Soc. 47, 5-8 (1964)
29. RITZE, H.:
Untersuchungen einer Gold-Platinlegierung und den dazu aufbrennbaren keramischen Massen unter besonderer Berücksichtigung der Härte, Haftfestigkeit und Homogenität der Werkstoffe.
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 47, 346-357 (1966)
30. SCED, I.R. und McLEAN, J.W.:
Die Haftfestigkeit zwischen Porzellan und chromhaltigen Unedelmetallen.
dental-labor 20, 44-45 (1972)
31. SCHMITZ, K.H.:
Das Gold-Keramik-Verfahren Biodent-Herador (I)
dental-labor 14, 46-50 (1966)
32. SHELL, J.S. und NIELSEN, J.P.:
Study of the bond between gold alloys and porcelain.
J. dent. Res. 41, 1424 (1962)
33. SILVER, M., KLEIN, G. und HOWARD, M.C.:
An evaluation and comparison of porcelain fused to cast metals.
J. prosth. Dent. 10, 1055-1064 (1960)
34. STEINBERG, P.A. und SCHMITZ, K.H.:
Grundriß der Dental-Keramik
Verlag Neuer Merkur GmbH, München 1968

35. VICKERY, R.C. und BADINELLI, L.A.:
Nature of attachment forces in Ceramco porcelain-gold systems.
Vortrag auf der I.A.D.R.-Tagung in Washington März 1967
36. VOSS, R.:
Die Festigkeit metallkeramischer Kronen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 24, 726-731 (1969)
37. VOSS, R.:
Möglichkeiten und Grenzen der Metallkeramik.
Zahnärztl. Welt 79, 139-142 (1970)
38. WAGNER, E.:
Die theoretischen Grundlagen der Vita-VMK/Degudent-Technik.
Zahnärztl. Welt 66, 343-351 (1965)
39. WEBER, E.:
Grundriß der biologischen Statistik.
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1967
40. WEIKART, P.:
Werkstoffkunde für Zahnärzte.
Carl Hanser Verlag, München 1966

Herrn Professor Dr. H. Marx danke ich herzlich für die Überlassung des Themas, vor allem aber für seine wertvolle Unterstützung und Herrn Professor Dr. K. Fuhr für die Übernahme des Korreferates.

Der Firma Degussa, Pforzheim, die mir freundlicherweise das Metall zur Verfügung stellte und der Firma Vita-Zahnfabrik, Säckingen, von der ich die keramischen Massen erhielt, meinen besten Dank.

Ebenfalls vielen Dank Herrn Dr. E. Scheidt vom Institut für medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz für seine große Hilfe.

Mein Dank gilt auch dem Zahntechnischen Laboratorium Holzinger, Wiesbaden, das mir großzügigerweise die Hochfrequenzschleuder zur Verfügung stellte. Gleichfalls Dank Herrn Zahntechnikermeister G. Galle für die Beratung.

LEBENS LAUF

Am 16. Februar 1936 wurde ich als Sohn des Schneidermeisters Josef Petschner und seiner Ehefrau Elisabeth Petschner, geb. Wolf, in Batsch-Brestowatz, Jugoslawien, geboren.

Die deutsche Volksschule meines Geburtsortes besuchte ich von 1942 – 1945. Es folgte eine dreijährige Internierung, anschließend die Mittelschule in Novi Sad.

1954 kam ich in die Bundesrepublik Deutschland, erlernte in Karlsruhe das Zahn-techniker-Handwerk und legte 1958 die Gesellenprüfung ab.

1964 bestand ich in Karlsruhe das Abitur vor dem Oberschulamt Nordbaden.

Im Sommersemester 1964 begann ich mit dem Studium der Zahnmedizin an der Universität zu Köln und setzte es im Wintersemester 1964/65 in Mainz fort.

1968 heiratete ich Fräulein Rosemarie Haller.

Im Frühjahr 1970 bestand ich die zahnärztliche Vorprüfung.

Am 29. November 1972 legte ich die zahnärztliche Prüfung ab.

